

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2001197512 A

(43) Date of publication of application: 19.07.01

(51) Int. Cl

H04N 9/07

H04N 9/64

(21) Application number: 2000007001

(71) Applicant: **MITSUBISHI ELECTRIC CORP**

(22) Date of filing: 14.01.00

(72) Inventor: **TAMURA MASAJI**
MATOBA NARIHIRO

**(54) COLOR COMPONENT GENERATOR AND
MULTI-COLOR IMAGE PICKUP DEVICE USING
IT, AND COLOR COMPONENT GENERATING
METHOD**

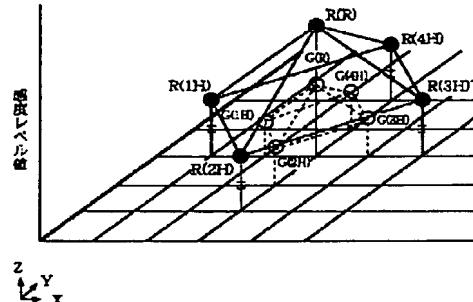
basis of thereon.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve a problem of a conventional multi-color image pickup device that has caused defect in image quality such as void or darkish image with high saturation in the case of generating a sensitivity value of a defective color component of each pixel even when the defective component is corrected by using a sensitivity value of a received color of the pixel.

SOLUTION: The luminance of each pixel is replaced into a mean luminance level (R(1H), R(2H), R(3H), R(4H), G(1H), G(2H), G(3H), G(4H)) on the basis of a local luminance distribution by each reference color, and a sensitivity level G(R) of a deficient color to be interpolated is calculated on the basis of a line segment similarity ratio of a geometrical figure (pentahedron) by each color estimated on the



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-197512

(P2001-197512A)

(43)公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51)Int.Cl.
H 04 N 9/07
9/64

識別記号

F I
H 04 N 9/07
9/64

テ-マコ-ト(参考)
C 5 C 0 6 5
A 5 C 0 6 6
R

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 18 頁)

(21)出願番号 特願2000-7001(P2000-7001)

(22)出願日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(71)出願人 000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(72)発明者 田村 正司
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 的場 成浩
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
(74)代理人 100066474
弁理士 田澤 博昭 (外1名)

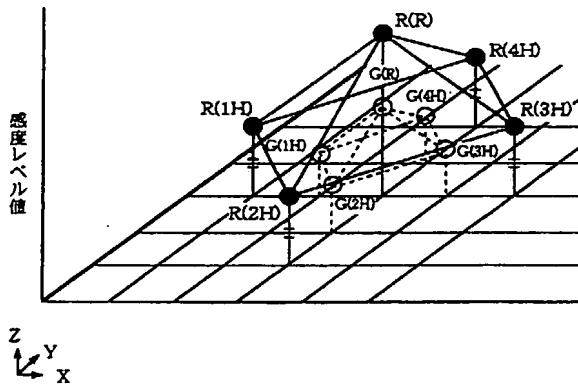
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 色成分生成装置およびこれを用いた多色画像撮像装置、並びに色成分生成方法

(57)【要約】

【課題】 従来の多色画像撮像装置では、各画素の不足色成分の感度値を生成する際に、その画素の受光色の感度値を用いて補正したとしても、高彩度の画像において白抜けや黒ずみ等の画質欠陥が発生してしまう場合があった。

【解決手段】 参照する色毎の局所的な輝度分布に基づいて各画素の輝度を平均輝度レベル (R (1 H), R (2 H), R (3 H), R (4 H), G (1 H), G (2 H), G (3 H), G (4 H)) に置き換え、これに基づいて想定される色毎の幾何学的図形 (五面体) の線分相似比に基づいて補間する不足色の感度レベル G (R) を演算するものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 注目画素の不足色成分の感度レベルを生成する色成分生成装置において、

上記注目画素の近傍に位置する画素であって且つ上記注目画素において既知である色と同じ色成分を有する複数の画素を既知色参照画素として選択し、当該複数の画素の既知色感度レベルの平均値を既知色平均値として演算する既知色平均レベル演算手段と、

上記注目画素を基準とする画素の2次元配列において上記複数の既知色参照画素の相対配置関係と相似の相対配置関係となる、上記既知色参照画素と同数の不足色参照画素を選択し、当該複数の画素の不足色感度レベルの平均値を不足色平均値として演算する不足色平均レベル演算手段と、

画素の2次元配列をX-Y平面とするとともに感度レベルをZ軸として得られる直交座標系において、上記既知色参照画素の全ての既知色感度レベルを上記既知色平均値で置き換えた場合に当該複数の既知色参照画素の感度レベルと上記注目画素の既知色感度レベルとを結んで得られる既知色幾何学图形、および、上記不足色参照画素の全ての感度レベルを上記不足色平均値で置き換えた場合に当該不足色参照画素の全ての不足色感度レベルと上記注目画素の不足色感度レベルとを結んで得られる不足色幾何学图形を想定し、当該既知色幾何学图形と不足色幾何学图形とが相似形状となるように当該注目画素の不足色の感度レベルを決定する不足色成分決定手段とを備えることを特徴とする色成分生成装置。

【請求項2】 不足色成分決定手段は、注目画素の既知色の感度レベル値から既知色平均値を減算したものの既知色幾何学图形に対する不足色幾何学图形の線分相似比を乗算し、この乗算値と不足色平均値とを加算したものを当該注目画素の不足色の感度レベルとすることを特徴とする請求項1記載の色成分生成装置。

【請求項3】 不足色平均レベル演算手段は、各不足色参照画素と注目画素との距離が、対応する各既知色参照画素と注目画素との距離の $1/n^2$ (n は整数) となるように、既知色参照画素と同数の不足色参照画素を選択し、

不足色成分決定手段は、注目画素の既知色感度レベルの二進数値から既知色平均値の二進数値を減算し、更にこれを2ビットだけ右シフト演算することで乗算値を得ることを特徴とする請求項2記載の色成分生成装置。

【請求項4】 既知色平均レベル演算手段および不足色平均レベル演算手段は、既知色幾何学图形および不足色幾何学图形が5面体あるいは3角形となるように画素を選択することを特徴とする請求項1記載の色成分生成装置。

【請求項5】 既知色平均レベル演算手段は、複数の画素の中から最も相関性が高い複数の画素を既知色参照画素として選択し、

不足色平均レベル演算手段は、当該選択された各画素と同方向にある画素を不足色参照画素として選択することを特徴とする請求項1記載の色成分生成装置。

【請求項6】 既知色平均レベル演算手段は、注目画素上を通る複数の直線を想定し、注目画素の両側において各直線が通過する画素を各直線毎に複数個ずつ選択し、各直線毎に当該複数の画素の間での既知色の感度レベルの相関を判定し、更に、最も相関が高い組となる複数の画素を既知色参照画素として選択し、

10 不足色平均レベル演算手段は、当該既知色参照画素として選択された画素の直線が通過する位置にある複数の画素を不足色参照画素として選択することを特徴とする請求項1記載の色成分生成装置。

【請求項7】 既知色平均レベル演算手段は、各直線毎に2つの画素を選択し、これらの既知色の感度レベル差が最も小さいものを最も相関が高い組として判定することを特徴とする請求項6記載の色成分生成装置。

【請求項8】 注目画素の不足色成分の感度レベルを生成する色成分生成方法において、

20 上記注目画素の近傍に位置する画素であって且つ上記注目画素において既知である色と同じ色成分を有する複数の画素を既知色参照画素として選択し、当該複数の画素の既知色感度レベルの平均値を既知色平均値として演算する既知色平均レベル演算ステップと、

上記注目画素を基準とする画素の2次元配列において上記複数の既知色参照画素の相対配置関係と相似の相対配置関係となる、上記既知色参照画素と同数の不足色参照画素を選択し、当該複数の画素の不足色感度レベルの平均値を不足色平均値として演算する不足色平均レベル演算ステップと、

30 画素の2次元配列をX-Y平面とするとともに感度レベルをZ軸として得られる直交座標系において、上記既知色参照画素の全ての既知色感度レベルを上記既知色平均値で置き換えた場合に当該複数の既知色参照画素の感度レベルと上記注目画素の既知色感度レベルとを結んで得られる既知色幾何学图形、および、上記不足色参照画素の全ての感度レベルを上記不足色平均値で置き換えた場合に当該不足色参照画素の全ての不足色感度レベルと上記注目画素の不足色感度レベルとを結んで得られる不足色幾何学图形を想定し、当該既知色幾何学图形と不足色幾何学图形とが相似形状となるように当該注目画素の不足色の感度レベルを決定する不足色成分決定ステップとを備えることを特徴とする色成分生成方法。

上記注目画素の近傍に位置する画素であって且つ上記注目画素において既知である色と同じ色成分を有する複数の画素を既知色参照画素として選択し、当該複数の画素の既知色感度レベルの平均値を既知色平均値として演算する既知色平均レベル演算ステップと、

40 画素の2次元配列をX-Y平面とするとともに感度レベルをZ軸として得られる直交座標系において、上記既知色参照画素の全ての既知色感度レベルを上記既知色平均値で置き換えた場合に当該複数の既知色参照画素の感度レベルと上記注目画素の既知色感度レベルとを結んで得られる既知色幾何学图形、および、上記不足色参照画素の全ての感度レベルを上記不足色平均値で置き換えた場合に当該不足色参照画素の全ての不足色感度レベルと上記注目画素の不足色感度レベルとを結んで得られる不足色幾何学图形を想定し、当該既知色幾何学图形と不足色幾何学图形とが相似形状となるように当該注目画素の不足色の感度レベルを決定する不足色成分決定ステップとを備えることを特徴とする色成分生成方法。

【請求項9】 各画素の色情報として複数の色成分の感度レベルを出力する多色画像撮像装置において、

上記画素と1対1に対応づけられた受光素子毎に上記複数の色成分のうちから選択された1つの色のフィルタが設けられ、上記画素毎の受光感度レベルを出力する撮像素子と、

50 上記各色成分毎に設けられ、上記撮像素子から出力され

る各画素の受光感度レベルの色を既知の色成分として、各画素の不足している色成分の感度レベルを生成する請求項1記載の色成分生成装置と、

上記各画素の色情報として、上記撮像素子から出力される受光感度レベルと、当該色成分生成装置から出力される残りの色成分の感度レベルとを出力する出力手段とを備えることを特徴とする多色画像撮像装置。

【請求項10】撮像素子は3つ以上の色成分の受光感度レベルを出し、1つの色成分生成装置は当該撮像素子から出力される受光感度レベルのみを用いて各画素の不足している色成分の感度レベルを生成し、その他の色成分生成装置は上記1つの色成分生成装置で生成した色成分を各画素の既知の色成分として選択して各画素の不足している色成分の感度レベルを生成することを特徴とする請求項9記載の多色画像撮像装置。

【請求項11】その他の色成分生成装置では、既知色参照画素として選択される複数の画素と不足色参照画素として選択される複数の画素とが同一であることを特徴とする請求項10記載の多色画像撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は受光色数よりも少ない数の2次元固体撮像素子を用いて撮像して当該受光色数分の色成分を有する多色画像データを出力するフルカラー画像撮像装置などの多色画像撮像装置並びにそれに用いられる色成分生成装置および色成分生成方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】CCDセンサ等の2次元撮像素子を用いて多色画像データを生成する多色画像生成装置には、受光色数分の2次元撮像素子を備えて各2次元撮像素子が各色成分の受光感度信号を出力し、この受光色数分の受光感度信号を各画素の色成分信号として出力するものと、受光色数よりも少ない数の2次元撮像素子を備えて少なくともいずれか1つの2次元撮像素子が複数色分の受光感度信号を出力するとともに、各画素の不足している色成分の感度信号を演算処理で補間し、上記受光感度信号とこの生成感度信号とを各画素の色成分信号として出力するものがある。

【0003】前者の例としては、色の3原色に相当するR(赤)色フィルタ、G(緑)色フィルタ及びB(青)色フィルタを各々貼り付けた3枚の2次元撮像素子を用いるとともに、1回の撮影で光学系から入射される被写体像を分光プリズム等で分光して各原色用撮像素子に入射させることで、1画面分のフルカラー画像信号を得る3板式のフルカラー撮像装置を挙げることができ、また、後者の例としては、各画素位置毎に設けられた光電素子上にR色、G色、あるいはB色用のいずれか1種類のカラーフィルタを貼り付けた1枚の2次元撮像素子を用いるとともに、各画素位置毎に不足する他の2色の色

成分の感度信号を演算により算出することで、1画面分のフルカラー画像信号を得る単板式のフルカラー撮像装置を挙げることができる。そして、後者の単板式のフルカラー撮像装置は、多板式のものに比べて2次元撮像素子などの光学部品の点数を抑えることができるため、小型かつ低価格に装置を構成することが可能であり、民生用デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラなどにおいて主に採用されている。

【0004】次に、このような単板式のフルカラー撮像装置などにおいて、各画素の受光色の感度信号を用いて各画素の不足している色成分(以下、生成色と呼ぶ)の感度信号を生成する一般的な色補間処理方法について説明する。なお、この色補間処理方法は一般的に線形補間法とよばれるものである。図16はこのような単板式2次元撮像素子において一般的に用いられているBaye r(ベイヤー)型配列による原色フィルタの構成を示す説明図である。図において、1つ1つのマスが各画素(光電素子)の位置を示し、そのマス内に記載された「R(赤)」、「G(緑)」、「B(青)」のそれぞれの記号は当該画素(光電素子)においてサンプリングされる受光色を示すものである。そして、各色成分について着目すると、「G(緑)」は図17に示すような画素位置において受光感度信号が得られ、「B(青)」は図18に示すような画素位置において受光感度信号が得られ、「R(赤)」は図19に示すような画素位置において受光感度信号が得られることとなり、これらの図において空白となっている画素においてはそれぞれの色成分が不足しているので演算により当該生成色の感度信号(生成感度信号)を生成しなければならない。

【0005】例えば「G(緑)」においては、図17において「G」と記載された画素において受光感度信号が得られているので、縦方向および横方向において隣接する上下左右の4つの画素の受光感度信号の平均値を演算し、これを各空欄となっている画素の生成感度信号とする。なお、同図ではこの感度信号の参照関係を矢印で示し、生成感度信号を「g」として表記している。

【0006】また、「B(青)」においては、図18において「B」と記載された画素において受光感度信号が得られているので、縦方向、横方向あるいは斜め方向において隣接する2つあるいは4つの画素の受光感度信号の平均値を演算し、これを各空欄となっている画素の生成感度信号とする。なお、同図ではこの感度信号の参照関係を矢印で示し、上下の2つの画素を参照した場合の生成感度信号を「b1」、斜め方向の4つの画素を参照した場合の生成感度信号を「b2」、左右の2つの画素を参照した場合の生成感度信号を「b3」として表記している。

【0007】更に、「R(赤)」においては、図19において「R」と記載された画素において受光感度信号が得られているので、縦方向、横方向あるいは斜め方向に

おいて隣接する2つあるいは4つの画素の受光感度信号の平均値を演算し、これを各空欄となっている画素の生成感度信号とする。なお、同図ではこの感度信号の参照関係を矢印で示し、上下の2つの画素を参照した場合の生成感度信号を「r1」、斜め方向の4つの画素を参照した場合の生成感度信号を「r2」、左右の2つの画素を参照した場合の生成感度信号を「r3」として表記している。

【0008】しかしながら、上記線形補間法に基づく色補間処理方法では、十分な解像度を得ることができず、信号変化が激しくなる画像のエッジ部分において本来の被写体には存在しない偽色が発生してしまうなどの課題があった。このような偽色が発生してしまうのは、第一に、単板式の2次元撮像素子においては各画素上に1色の色フィルタを配置しているがためにR、G、B各色とともに画素数分だけの解像度が得られないことに起因し、第二に、信号変化が激しくなるエッジ部分では本来相関性が低い周辺画素を参照して補間を行ってしまうことに起因し、その結果、各色成分毎にエッジ位置が微妙にずれてしまうためである。

【0009】そして、かかる問題を解決するために、本出願人は特開平5-56446号公報において局所的な色相関性を用いて高解像度でかつ偽色を良好に抑制した色補間処理方法を開示している。

【0010】図20は、2次元撮像素子にR、G、B3原色からなる色フィルタをBayer型配列で貼付したカラービデオカメラに、当該特開平5-56446号公報に記載した技術を適用した場合の構成を示すブロック図である。同図において、1は被写体からの入射光を集光するレンズ、2はレンズ1を通して入射した光を光電変換する上記2次元撮像素子、3はこの2次元撮像素子2から出力されるアナログの受光感度信号をデジタルの受光感度信号に変換するA/D変換器、4は1画面分の受光感度信号を一時記憶するフレームメモリ、5はフレームメモリ4上の受光感度信号をR、G、B各色成分毎に分配するマルチブレクサ、6a～6cはそれぞれR、G、B各色成分毎に設けられ、生成色を生成する際に参照する画素に応じた複数ライン分の受光感度信号を記憶する2次元メモリ、12a～12cはそれぞれR、G、B各色成分毎に設けられ、各画素毎にローパスフィルタ値を出力する2次元ローパスフィルタ、13は各画素についてその受光色における受光感度信号と上記ローパスフィルタ値との比に基づいて他の2つの色成分のローパスフィルタ値を補正し、これを上記受光色の受光感度信号とともに生成色の生成感度信号として出力する演算回路である。

【0011】次に動作について説明する。レンズ1から入射した光は2次元撮像素子2に結像する。2次元撮像素子2は入射光を光電変換し入射光量に応じたレベルのアナログの電気信号を各画素の受光感度信号として出力する。このアナログの電気信号はA/D変換器3にてデジタルの電気信号に変換されてフレームメモリ4に蓄積される。フレームメモリ4に蓄積されたこの電気信号は図示しない制御手段によってマルチブレクサ5に順次送信されR、G、Bの複数ライン分の信号がそれぞれ別々に2次元メモリ6a～6cに書き込まれる。各色成分の有意な電気信号が2次元メモリ6a～6cに書き込まれている状態(一部)を図21～図23に示す。これらの図において、1つ1つの四角形は画素を意味し、

「R」「G」「B」と記載されている四角形が受光感度信号が書き込まれている同色の画素である。なお、この配列は上記色フィルタにおける「R」「G」「B」の配列と一致する。

【0012】そして、この2次元メモリ6a～6cの記憶内容に基づいて各画素の各色成分のローパスフィルタ値が各色毎に設けた2次元ローパスフィルタ12a～12cから出力される。各ローパスフィルタ12a～12cは例えば注目画素を中心として所定の範囲内の受光感度信号の平均値を出力すればよい。図24～図26に各2次元ローパスフィルタ12a～12cの出力例を示す。このように全ての画素について全ての色成分のローパスフィルタ値が出力される。

【0013】次に、演算回路13が各画素の受光色以外の色成分の感度信号を生成する。具体的には例えば、図16のm行n列の画素位置(受光色は緑)の赤色成分r(m, n)あるいは青色成分b(m, n)は下記式

(1)あるいは式(2)に基づいて演算して求める。これらの式において、G(m, n)は当該画素の受光感度信号、G(LPF)は当該画素の緑色成分のローパスフィルタ値、R(LPF)は当該画素の赤色成分のローパスフィルタ値、B(LPF)は当該画素の青色成分のローパスフィルタ値である。

【0014】

$$r(m, n) = G(m, n) \times R(LPF) / G(LPF) \quad \dots \quad (1)$$

$$b(m, n) = G(m, n) \times B(LPF) / G(LPF) \quad \dots \quad (2)$$

【0015】図27はこの従来の2つの補間方法による生成感度信号の感度レベルを比較説明するための説明図である。同図は説明を簡略化するために一次元方向のみを考慮した場合を示している。図において、横軸は上記一次元方向における各画素の位置、縦軸は感度レベル、●印は実際に撮像素子により撮影された緑色成分の感度

レベル、2点鎖線で示す曲線はこの緑色成分の信号変化曲線、○は実際に撮像素子により撮影された赤色成分の感度レベル、実線で示す曲線は上記緑色成分の信号変化曲線と相似して変化する信号変化曲線、二重線上の●印は線形補間法を用いて補間した場合補間されるR色信号の感度レベル、☆印は特開平5-56446号公報の補

間によるR色信号の感度レベルである。なお、CCDセンサなどの撮像素子においては上記感度レベルが高くなればなるほどその色成分の色は白色に近い色となり、低ければ低いほど黒色に近い色となり、例えば「RGB=(255, 255, 255)」では白色、「RGB=(0, 0, 0)」では黒色となる。プリンタは逆の色傾向になる。

【0016】そして、同図に示すように、特開平5-56446号公報の補間によるR色信号の感度レベルは、緑色成分の信号変化曲線と相似して変化する信号変化曲線上に乗る。従って、線形補間法を用いて補間した場合の感度レベルに比べて、画像の局所的な領域では輝度信号の変化に比べて色信号の変化が少ない、言い換えれば局所領域では色相関性が高いという撮影画像の一般的な

$$k(m, n) = J(m, n) \times K(LPF) / J(LPF) \dots (3)$$

【0019】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このように局所的な色の相関関係を利用した補間方法であったとしても特有の画質劣化を生じる場合があった。

【0020】図28は特開平5-56446号公報の補間方法における画質劣化を説明するための説明図である。各表記は図27に準じている。そして、同図に示すように、受光色の感度レベルが低いレベル範囲において微妙に変化するとともに、生成色のローパスフィルタ値が高くなるような場合には、つまりこれら色成分の値の差が大きくて高彩度の有彩色となる場合には、参照する受光色における微妙な変化に比例的に反応する形で生成色の感度レベルが上記ローパスフィルタ値のレベルから大きく外れてしまうこととなり、当該画素において本来

$$G(LPF) = (4+1+4) / 3 = 3 \dots (4)$$

$$R(LPF) = (1023+1023) / 2 = 1023 \dots (5)$$

$$r(3) = G(3) \times R(LPF) / G(LPF) = 1 \times 1023 / 3 = 341 \dots (6)$$

【0023】以上のように、特開平5-56446号に開示した補間方法は、単板式の2次元撮像素子を用いた多色画像撮像装置において一般的には高解像度でかつ偽色の少ない色成分信号を得ることができるものであるが、撮影した絵柄によっては固有の画質劣化を引き起こしてしまうなどの課題があった。

【0024】また、特開平5-56446号公報は上記式(3)に基づく演算処理を撮像素子の全画素に対して補間の必要な色の数だけ繰返して行う必要があり、総演算量はとても大きくなってしまう。その結果、この全てをソフトウェア処理しようとしたら莫大な演算時間が必要であり、ハードウェア処理しようとしたら莫大な回路規模となってしまうという課題もあった。特に、近年の高画質化の要求に応じて画素数を増加させるにつれて当該演算時間や回路規模は飛躍的に増加する。

【0025】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、黒ずみや白抜けを生ずること無

特徴に則った赤色成分の感度レベルを生成することができ、画像のエッジを構成する感度レベル変化の急峻な領域においても色間の信号変化に偏りが生ずること無く、エッジを十分に再現することができ、高解像度かつ偽色の少ない高画質なものとすることができる。

【0017】なお、上記式(1)あるいは式(2)は下記式(3)のように一般化することができる。同式において、 $k(m, n)$ は生成色の感度信号、 $J(m, n)$ は受光感度信号、 $K(LPF)$ は生成色のローパスフィルタ値、 $J(LPF)$ は受光色のローパスフィルタ値、 (m, n) はフレームメモリ上の当該画素の座標位置である。

【0018】

画像中には黒ずみや白抜けが発生してしまうことがある。

【0021】例えば、RGB各色成分の感度信号が10ビット(0~1023の範囲、0:暗、1023:明)である撮像装置において、一次元の局所的な感度レベルとして $G(1) = 4, G(3) = 1, G(5) = 4, R(2) = R(4) = 1023$ となる画像が撮像された場合、各ローパスフィルタ値を単純平均で算出すると、下記式(4)~式(6)の演算により $r(3)$ の感度レベルが得られることとなり、これは同色の周辺画素の感度レベルと比べて極端に低い値となってしまい、黒ずみとなってしまう。

【0022】

$$\dots (4)$$

$$\dots (5)$$

$$\dots (6)$$

く、高解像度でかつ偽色の少ない色成分信号を得ることができる多色画像撮像装置ならびにそれに用いられる色成分生成装置および色成分生成方法を得ることを目的とする。

【0026】また、ひいては各画素毎の不足色の感度レベルを得るために必要な繰り返し処理の負荷を軽減し、これにより線形補間法や局所的な色の相関関係を利用した場合よりも高速にあるいは小さい回路規模において撮像素子の全画素に対して全ての色成分を得ることができる多色画像撮像装置ならびにそれに用いられる色成分生成装置および色成分生成方法を得ることを目的とする。

【0027】

【課題を解決するための手段】この発明に係る色成分生成装置は、注目画素の不足色成分の感度レベルを生成する色成分生成装置において、上記注目画素の近傍に位置する画素であって且つ上記注目画素において既知である

色と同じ色成分を有する複数の画素を既知色参照画素として選択し、当該複数の画素の既知色感度レベルの平均値を既知色平均値として演算する既知色平均レベル演算手段と、上記注目画素を基準とする画素の2次元配列において上記複数の既知色参照画素の相対配置関係と相似の相対配置関係となる、上記既知色参照画素と同数の不足色参照画素を選択し、当該複数の画素の不足色感度レベルの平均値を不足色平均値として演算する不足色平均レベル演算手段と、画素の2次元配列をX-Y平面とするとともに感度レベルをZ軸として得られる直交座標系において、上記既知色参照画素の全ての既知色感度レベルを上記既知色平均値で置き換えた場合に当該複数の既知色参照画素の感度レベルと上記注目画素の既知色感度レベルとを結んで得られる既知色幾何学图形、および、上記不足色参照画素の全ての感度レベルを上記不足色平均値で置き換えた場合に当該不足色参照画素の全ての不足色感度レベルと上記注目画素の不足色感度レベルとを結んで得られる不足色幾何学图形を想定し、当該既知色幾何学图形と不足色幾何学图形とが相似形状となるように当該注目画素の不足色の感度レベルを決定する不足色成分決定手段とを備えるものである。

【0028】この発明に係る色成分生成装置は、不足色成分決定手段が、注目画素の既知色の感度レベル値から既知色平均値を減算したものに既知色幾何学图形に対する不足色幾何学图形の線分相似比を乗算し、この乗算値と不足色平均値とを加算したものを当該注目画素の不足色の感度レベルとするものである。

【0029】この発明に係る色成分生成装置は、不足色平均レベル演算手段が、各不足色参照画素と注目画素との距離が対応する各既知色参照画素と注目画素との距離の $1/n^2$ (n は整数) となるように、既知色参照画素と同数の不足色参照画素を選択し、不足色成分決定手段が、注目画素の既知色感度レベルの二進数値から既知色平均値の二進数値を減算し、更にこれを2ビットだけ右シフト演算することで乗算値を得るものである。

【0030】この発明に係る色成分生成装置は、既知色平均レベル演算手段および不足色平均レベル演算手段が、既知色幾何学图形および不足色幾何学图形が5面体あるいは3角形となるように画素を選択するものである。

【0031】この発明に係る色成分生成装置は、既知色平均レベル演算手段が、複数の画素の中から最も相関性が高い複数の画素を既知色参照画素として選択し、不足色平均レベル演算手段が、当該選択された各画素と同方向にある画素を不足色参照画素として選択するものである。

【0032】この発明に係る色成分生成装置は、既知色平均レベル演算手段が、注目画素上を通る複数の直線を想定し、注目画素の両側において各直線が通過する画素を各直線毎に複数個ずつ選択し、各直線毎に当該複数の

画素の間での既知色の感度レベルの相関を判定し、更に、最も相関が高い組となる複数の画素を既知色参照画素として選択し、不足色平均レベル演算手段が、当該既知色参照画素として選択された画素の直線が通過する位置にある複数の画素を不足色参照画素として選択するものである。

【0033】この発明に係る色成分生成装置は、既知色平均レベル演算手段が、各直線毎に2つの画素を選択し、これらの既知色の感度レベル差が最も小さいものを最も相関が高い組として判定するものである。

【0034】この発明に係る色成分生成方法は、注目画素の不足色成分の感度レベルを生成する色成分生成方法において、上記注目画素の近傍に位置する画素であって且つ上記注目画素において既知である色と同じ色成分を有する複数の画素を既知色参照画素として選択し、当該複数の画素の既知色感度レベルの平均値を既知色平均値として演算する既知色平均レベル演算ステップと、上記注目画素を基準とする画素の2次元配列において上記複数の既知色参照画素の相対配置関係と相似の相対配置関係となる、上記既知色参照画素と同数の不足色参照画素を選択し、当該複数の画素の不足色感度レベルの平均値を不足色平均値として演算する不足色平均レベル演算ステップと、画素の2次元配列をX-Y平面とするとともに感度レベルをZ軸として得られる直交座標系において、上記既知色参照画素の全ての既知色感度レベルを上記既知色平均値で置き換えた場合に当該複数の既知色参照画素の感度レベルと上記注目画素の既知色感度レベルとを結んで得られる既知色幾何学图形、および、上記不足色参照画素の全ての感度レベルを上記不足色平均値で置き換えた場合に当該不足色参照画素の全ての不足色感度レベルと上記注目画素の不足色感度レベルとを結んで得られる不足色幾何学图形を想定し、当該既知色幾何学图形と不足色幾何学图形とが相似形状となるように当該注目画素の不足色の感度レベルを決定する不足色成分決定ステップとを備えるものである。

【0035】この発明に係る多色画像撮像装置は、各画素の色情報として複数の色成分の感度レベルを出力する多色画像撮像装置において、上記画素と1対1に対応づけられた受光画素毎に上記複数の色成分のうちから選択された1つの色のフィルタが設けられ、上記画素数分の受光感度レベルを出力する撮像画素と、上記各色成分毎に設けられ、上記撮像画素から出力される各画素の受光感度レベルの色を既知の色成分として、各画素の不足している色成分の感度レベルを生成する上記色成分生成装置と、上記各画素の色情報として、上記撮像画素から出力される受光感度レベルと、当該色成分生成装置から出力される残りの色成分の感度レベルとを出力する出力手段とを備えるものである。

【0036】この発明に係る多色画像撮像装置は、撮像画素が3つ以上の色成分の受光感度レベルを出力し、1

つの色成分生成装置が当該撮像素子から出力される受光感度レベルのみを用いて各画素の不足している色成分の感度レベルを生成し、その他の色成分生成装置が上記1つの色成分生成装置で生成した色成分を各画素の既知の色成分として選択して各画素の不足している色成分の感度レベルを生成するものである。

【0037】この発明に係る多色画像撮像装置は、その他の色成分生成装置では、既知色参照画素として選択される複数の画素と不足色参照画素として選択される複数の画素とが同一であるものである。

【0038】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態1. 図1は、この発明の実施の形態1によるデジタルスチルカメラなどのフルカラー画像撮像装置の構成を示すブロック図である。図において、1は被写体からの入射光を集光するレンズ(撮像素子)、2はR(Red)、G(Green)、B(Blue)の3原色の色フィルタがBayer型に配列され、レンズ1を通して入射した光を光電変換する2次元撮像素子(撮像素子)、3はこの2次元撮像素子2から各画素毎に出力されるアナログの受光感度レベルの信号をそのレベルに応じたデジタル10ビットの値(二進数)を有する受光感度信号に変換するA/D変換器(撮像素子)、4は受光感度信号を一時記憶するフレームメモリ、5はフレームメモリ4上の受光感度信号をR、G、B各色成分毎に分配するマルチブレクサ、6a～6cはそれぞれR、G、B各色成分毎に設けられ、マルチブレクサにより各色成分毎に分配された画素ライン複数本分の受光感度信号を記憶する2次元メモリ、7a～7cはそれぞれR、G、B各色成分毎に設けられ、注目画素の不足色成分を補間演算するための各種の係数を演算する係数算出回路(既知色平均レベル演算手段、不足色平均レベル演算手段)、8はこの係数や上記2次元メモリ6a～6cに記憶された受光感度信号などを用いて注目画素の不足色の感度を演算し、更に不足色成分の生成感度信号と2次元メモリに記憶された受光感度信号とを合わせて各画素のRGB各10ビットの色成分信号として出力する演算回路(不足色成分決定手段、出力手段)である。

【0039】次に動作について説明する。レンズ1から入射した光は2次元撮像素子2に結像する。2次元撮像素子2は入射光を光電変換し入射光量に応じた感度レベルのアナログの電気信号を各画素毎に出力する。このアナログの電気信号はA/D変換器3にて二進数デジタル値を有する電気信号に変換されてフレームメモリ4に蓄積される。フレームメモリ4に蓄積されたこの電気信号は図示しない制御手段によってマルチブレクサ5に順次送信され、複数ライン分の信号がそれぞれ色成分毎に別々の2次元メモリ6a～6cに書き込まれる。そして、この2次元メモリ6a～6cの記憶内容に基づいて

係数算出回路7a～7cが注目画素の不足色成分を演算するための各種の係数を演算し、これらを用いて演算回路8が各画素の不足色の感度を演算し、更にこの生成感度信号と受光感度信号とを合わせて各画素のRGB各10ビットの色成分信号として出力する。

【0040】次にこのような一連の動作において、係数算出回路7a～7cから演算回路8まで実現される各画素の不足色の感度を得るための処理について説明する。ここでは注目画素として受光感度信号がR色である画素を選択し、その画素の位置(以下、R画素位置と称す)におけるG色の生成感度信号(生成感度レベル)を生成する場合を例に説明する。

【0041】図2(a)は上記2次元撮像素子2のBayer型配列におけるR色を受光する画素の配列を模式的に示す2次元配列図である。図において、各マスは各画素を意味し、その中にR(*)が記載されたマスがR色を受光する画素の位置であり、R(x)自体は当該画素のR色の受光感度レベルを意味している。図2(b)はR色の受光感度分布の一例を示す説明図である。図において、X-Y平面が上記2次元撮像素子の撮像面に対応し、同平面上の各交点が各画素に対応し、Z軸が感度レベルに対応する。そして、同図に示すように図2(a)に示された5つのR色の受光画素は注目画素を頂点の1つとして含む多面体を形成することになる。

【0042】図3はこのような条件の下でR色用の係数算出回路7aが実施する係数演算処理を示すフローチャートである。図において、ステップST1は上記4つのR色の参照画素R(1), R(2), R(3), R(4)の受光感度レベルの平均値R(AVE)を演算する既知色平均値演算ステップ、ステップST2はこの既知色平均値R(AVE)が注目画素の受光感度レベルR(R)以下であるか否かを判断する凹凸判断ステップ、ステップST3は既知色平均値R(AVE)が注目画素の受光感度レベルR(R)以下である場合(五面体の姿勢として凸の場合)に注目画素の受光感度レベルR

(R)から既知色平均値R(AVE)を減算し、これを既知色五面体の高さ係数R(H)として出力する凸時高さ演算ステップ、ステップST4は既知色平均値R(AVE)が注目画素の受光感度レベルR(R)よりも大きい場合(五面体の姿勢として凹の場合)に既知色平均値R(AVE)から注目画素の受光感度レベルR(R)を減算し、これを既知色五面体の高さ係数R(H)として出力する凹時高さ演算ステップである。これにより常に正の値を有する既知色五面体の高さ係数R(H)や、既知色平均値R(AVE)や、当該画素の既知色の感度レベルR(R)がR色用の係数算出回路7aから演算回路8へ出力される。

【0043】図4(a)は上記2次元撮像素子2のBayer型配列におけるG色を受光する画素の配列を模式的に示す2次元配列図である。図4(b)はG色の受光

感度分布の一例を示す説明図である。同図において、白抜きの○が生成される注目画素のG色の生成感度レベルG (R) である。そして、注目画素を含む5つの画素は、注目画素を頂点の1つとして含む多面体を形成することになる。また、G色用の係数算出回路7bは上記4つのG色参照画素G (1), G (2), G (3), G (4)の感度レベルの平均値G (AVE) を演算して出力する。

【0044】図5はこのような条件の下で注目画素のG色成分G (R) を求めるために演算回路8が実施する不足色生成処理を示すフローチャートである。図において、ステップST5は既知色平均値R (AVE) が注目画素の受光感度レベルR (R) 以下であるか否かを判断する凹凸判断ステップ、ステップST6は既知色平均値R (AVE) が注目画素の受光感度レベルR (R) 以下である場合(凸の場合)に、既知色五面体の高さ係数R (H) の値を1ビットだけ右シフトして1/2の乗算値を求め、更に上記未知色平均値G (AVE) にこの乗算値を加算してG色の生成感度レベルG (R) を演算する凸時未知色演算ステップ、ステップST7は既知色平均値R (AVE) が注目画素の受光感度レベルR (R) よりも大きい場合(凹の場合)に、既知色五面体の高さ係数R (H) の値を1ビットだけ右シフトして1/2の乗算値を求め、更に上記未知色平均値G (AVE) からこの乗算値を減算してG色の生成感度レベルG (R) を演算する凹時未知色演算ステップである。

【0045】なお、演算回路8は更に、B色用の係数算出回路7cから当該注目画素に対応するB色の不足色平均値B (AVE) が出力されると、上記ステップST5からステップST7を同様に実施して未知色の生成輝度信号の感度レベルB (R) を演算し、上記R (R) 、G (R) およびこのB (R) の3つを当該注目画素のRGB各10ビットの色成分信号として出力する。

【0046】また、この一連の処理を実施して全ての画素についてRGB各10ビットの色成分信号を生成することでフルカラー画像を得ることができる。

【0047】図6はこの実施の形態1において、各画素において不足している各種の色成分を生成するために参照する周辺の画素の配列を説明するための説明図である。同図(a)はB色を受光している画素において不足しているG色の感度レベルを生成する場合に参照する画素の配列であり、同図(b)はG色を受光している画素において不足しているB色の感度レベルあるいはR色の感度レベルを生成する場合に参照する画素の配列であり、同図(c)はR色を受光している画素において不足しているB色の感度レベルを生成する場合に参照する画素の配列である。また、同図(c)においてR色を受光する画素とB色を受光する画素とを入れ替えることによって、B色を受光している画素において不足しているR色の感度レベルを生成する場合に参照する画素の配列で

ある。

【0048】図7はこの発明の実施の形態1における不足色の補間原理を説明するための説明図である。図において、R (1H), R (2H), R (3H), R (4H) はそれぞれR (1), R (2), R (3), R (4) の画素の輝度をそれらの平均値R (H) で置き換えたものであり、G (1H), G (2H), G (3H), G (4H) はそれぞれG (1), G (2), G (3), G (4) の画素の輝度をそれら平均値G (R) で置き換えたものである。そして、R (1H), R (2H), R (3H), R (4H), R (R) を頂点とする五面体(正四角錐)は、幾何学的に明らかのように図2(b)に示される元の多面体(R (1), R (2), R (3), R (4), R (R) を頂点とする多面体)と同一の体積となる。同様に、G (1H), G (2H), G (3H), G (4H), G (R) を頂点とする五面体(正四角錐)は、幾何学的に明らかのように図4(b)に示される元の多面体(G (1), G (2), G (3), G (4), G (R) を頂点とする多面体)と同一の体積となる。また、画像信号(輝度信号)では、当該x y平面領域での信号分布から求まる積分値が画像エネルギーに相当するので、同一面積のx y平面における積分値が同じであればその領域における平均輝度が保存されることになり、視覚的に違和感を生じてしまうことは無い。

【0049】そして、この実施の形態1では、これら2つの正四角錐同士が相似図形になるように補間信号値GRを決定しているので、微小領域における画像エネルギーの比に応じた色補間が可能となり、局所的な画像エネルギーの比に基づく高解像度の色補間を達成することができる。

【0050】なお、この実施の形態において、図6(a)の場合および(c)の場合には上記動作において具体的に説明した例と同一手順にて演算することができるが、(b)の場合には、垂直あるいは水平方向のいずれかにしか既知色を受光する画素が存在しない。そのため、当該画素が存在する方向において三角形の既知色幾何学图形を想定し、それと相似な三角形の不足色幾何学图形が得られるように不足色の感度レベルを演算するようすればよい。

【0051】図8はこのような三角形の既知色幾何学图形と不足色幾何学图形に基づいて不足色の感度レベルを生成する原理を説明するための説明図である。既知色の二等辺三角形(R (R), R (1H), R (2H))と、期待される補間値G (H) とG (i) 及びG (j) の平均値G (AVE) からなる不足色の二等辺三角形(G (H), G (1H), G (2H)) (注、G (1H), G (2H) の感度レベルはG (AVE) に等しい)との幾何学的な関係を示した図である。R色が形成する感度レベルの二等辺三角形とG色が形成する感度レ

ペルの二等辺三角形はR色を受光する画素同士の距離とG色を受光する画素同士の距離との比から線分相似比が2対1となり、R(H)とG(H)との比も当然に同様の比となる。

【0052】ところで、この実施の形態1で示した不足色の補間処理演算は、下記式(7)として一般化して表記することができる。但し、K(m, n)は注目画素(m, n)において生成する不足色の感度レベル、J

$$K(m, n) = K(\text{AVE}) + \{J(m, n) - J(\text{AVE})\} \times C_d \quad \dots (7)$$

【0054】また、この方式で不足色を補間すれば、特開平5-56446号公報が抱える高彩度領域での黒ずみなどの画質劣化が発生してしまうことはない。例えば、従来例で示した局所的な10ビットの感度レベルとしてG(1)=4、G(3)=1、G(5)=4、R(2)=R(4)=1023であり、図2及び式(7)に従って注目画素におけるR色信号値R(R)を算出し

$$G(\text{AVE}) = (4+4)/2 = 4 \quad \dots (8)$$

$$R(\text{AVE}) = (1023+1023)/2 = 1023 \quad \dots (9)$$

$$R(R) = R(\text{AVE}) + \{G(3) - G(\text{AVE})\} \times C_d \\ = 1023 + (1-4)/2 = 1021.5 \quad \dots (10)$$

【0056】なお、図5のフローチャートでは、図7においてR色の正四角錐の一辺の長さがG色の正四角錐の一辺の長さの半分（線分相似比では2:1）となっているので、1/2を乗ずる替わりに既知色補正係数R(H)の値を1ビットだけ右シフトして乗算値を求めている。このように、実施の形態1に示す補間処理演算では、加減算演算とビットシフト演算のみで全ての演算を処理することができるので、従来の方法に比較してソフトウェアで実現する場合は高速動作が可能であり、電子回路で実現する場合は回路規模が小さく装置の小型化及び低コスト化に寄与することができるという効果がある。

【0057】また、図5の処理フローチャートにおいては、説明の平易さを目的にR(AVE)とR(R)との大小関係の判断に基づいてステップST6またはステップST7のいずれかの演算を行う構成にしたがこの限りでない。即ち、ステップST5においてR(AVE) > R(R)と判定した場合、ステップST6における右辺第二項「(R(R) - R(AVE))/2」は負値となり、結果的にこの値をG(H)から減算するステップST7と同じ演算式となる。従って、ステップST5及びステップST7をなくして無条件でステップST6のみを実行するように構成にしてもかまわない。この場合、図3におけるステップST2の判定結果を係数算出回路7a～7cから演算回路8へ出力する必要もなくなる。

【0058】実施の形態2、図9はこの発明の実施の形態2によるディジタルスチルカメラなどのフルカラー画像撮像装置の構成を示すブロック図である。図において、9a～9cはそれぞれ注目画素における画像の相關

(m, n)は注目画素(m, n)での受光感度レベル、K(AVE)は注目画素の近傍の画素に基づいて得られる不足色の不足色平均値、J(AVE)は注目画素の近傍の画素に基づいて得られる受光色の既知色平均値、Cdは受光色の幾何学图形に対する生成色の幾何学图形（実施の形態1では五面体や三角形）の線分相似比である。

【0053】

た場合、以下の式(8)～式(10)の演算を行うことになる。従って、生成される補間信号値R(R)は同色の周辺画素感度レベルと同等の値になるため、高彩度かつ有彩色の領域で極端に黒ずみや白抜け等の画質劣化を発生することがなくなる。

【0055】

方向を判断し、これにより相関が高いと判断された画素に基づいて既知色幾何学图形の高さJ(H)(=J(m, n) - J(AVE))を演算する係数算出回路（既知色平均レベル演算手段、不足色平均レベル演算手段）である。

【0059】具体的には、注目画素の画素位置の上下左右あるいは斜め方向において当該注目画素と同じ色の既知色を受光する画素を、注目画素上を通る複数の直線を想定して当該直線毎に分類し、各直線毎に2つの画素の間での既知色の感度レベル差を演算し、最も感度レベル差が小さい組となる複数の画素を用いてJ(H)を演算する。そして、この場合には、演算回路8は当然に図7に示すように既知色幾何学图形が三角形となるので三角形同士の線分相似比にてK(m, n)を演算することになる。これ以外の構成は実施の形態1と同様であり説明を省略する。

【0060】次に動作について説明する。図10はこの発明の実施の形態2による係数算出回路9a～9cが各種の係数算出演算に先立って、画像の相関性を評価するためのフローチャートである。この実施の形態では、同図に示すように、4つのG色の受光輝度信号を用いて注目画素における縦方向及び横方向の画像の相関性を評価する。まず、G信号の注目画素に対する上下2画素の差分値G(V)及び左右2画素の差分値G(H)を算出する（ステップST8）。次に、これらの差分値G(V)及びG(H)の大小関係を比較し（ステップST9）、差分値が小さい方の2つの画素の受光感度レベルを補間のための信号G(i)及びG(j)として演算回路8に對して出力する（ステップST10またはステップST

11)。またこれと同時に何れの方向成分（水平方向あるいは垂直方向）が選択されたかの選択信号DをR信号用係数算出回路9aに対して出力する。

【0061】また、R色用の係数算出回路9aでは、図11のフローチャートに従ってG色の係数算出回路9bにおいて選択信号Dの意味する方向Dにある2つの画素を同様にしてR(i)及びR(j)として選択する（ステップST12～ステップST14）。次に、このR(i)及びR(j)の平均値R(AVE)を算出し（ステップST15）、以下、図3と同様に三角形(R(R), R(i), R(j))を二等辺三角形で置き換えた三角形(R(R), R(1H), R(2H))(R(1H), R(2H))の信号値はR(AVE)と等しい)の高さR(H)を演算回路8に対して出力する（ステップST16～ステップST18）。

【0062】同様の手順を用いることで、R色を受光した画素におけるB色の感度レベルあるいはその他の色成分を受光した画素における全ての不足色の感度レベルは実施の形態1と同様に生成することができる。ここで、図6(b)の場合には、既知色の受光輝度信号が水平方向あるいは垂直方向のいずれか一方のみに存在するので、相関方向の検出は行わずに当該いずれか一方向のみを無条件で使用すればよい。また、図6(c)の画素配置にある場合は、90度交差した2つの斜め方向の相関性を求めて同等に処理することができる。このようにして、撮影画像データを水平及び垂直方向に順次走査し色補間処理を行うことで1画面分のフルカラー画像が得られる。

【0063】そして、実施の形態1では不足色を演算する際に参照する周辺の画素が等方的に参照されているので、画像中のシャープなエッジ部分などではエッジの稜線方向のみならず法線方向の感度レベルを加味することとなり、画質に安定感はあるもののエッジのシャープネスが十分に得られない場合があったが、この実施の形態2では、輝度差が少ないエッジの稜線方向の画素の感度レベルのみを参照することができるので、逆にいえば相関性の低い法線方向からの影響を排除することができる、シャープな再現が可能となる。

【0064】また、実施の形態2においては、相関方向を検出するために、注目画素上を通る2つの直線（例えば水平方向の直線および垂直方向の直線）を想定し、注目画素の両側（例えば左右あるいは上下）において各直線が通過する画素を各直線毎に2つずつ選択し、その2つの画素の輝度差が少ないほど相関が高いと判断するようしているが、この限りでなく、相関方向に対応したエッジパターンを予め定めておき注目画素を中心とする画素ウインドウに対してパターンマッチングを行いパターンにマッチした輝度分布から相関方向を得るなどの方法もあり、画像の相関性を評価可能な他の方法を用いることでも同等以上の効果を得ることができる。この場

合、マッチング用の参照ウインドウを5×5画素あるいは7×7画素に定める等、ウインドウサイズを大きくすることでより多くの相関方向が検出可能となるため、斜め方向（画素の配列方向である垂直方向でも水平方向でもない方向）のエッジをよりスムーズかつシャープなものとすることができる。

【0065】実施の形態3、図12はこの発明の実施の形態3によるデジタルスチルカメラなどのフルカラー画像撮像装置の構成を示すブロック図である。図において、10は生成されたG色の生成感度レベルを複数ライン分保持するラインバッファ（色成分生成装置）、11はR、G、Bの受光感度レベルに基づいてG色の感度レベルを生成し、更にR色およびB色についてはG色の2次元メモリ6bおよび上記ラインバッファに記憶されたG色の生成感度レベルを用いて、G色を既知色として感度レベルを演算する演算回路（不足色成分決定手段、出力手段）である。これ以外の構成は実施の形態2と同様である。

【0066】次に動作について説明する。基本的な処理については実施の形態2と同様であり説明を省略する。係数算出回路9a～9cでは、注目画素にて不足している非撮像色を補間生成するために各色の2次元メモリ6a～6cの輝度データを用いると共に各係数算出回路9a～9c間で通信して演算パラメータを算出し、演算回路11に引き渡す。演算回路11では、これらのデータを元に不足している非撮像色の補間生成演算を行う。これらの演算アルゴリズムは実施の形態2で説明した通りである。

【0067】図13はこの発明の実施の形態3における参照画素と補間画素の位置関係（一方向のみ）を示す説明図である。図において、(a)はR色を受光する画素におけるG色の感度レベルを演算する場合である。RをBに置き換えることでB色を受光する画素におけるG色の感度レベルを演算する場合となる。(b)は(a)の後に処理され、B色とG色とのみからなる画素列（ライン）におけるG色を受光する画素におけるB色の感度レベルを演算する場合である。BをRに置き換えることでR色とG色とのみからなる画素列（ライン）におけるG色を受光する画素におけるB色の感度レベルを演算する場合となる。(c)は(a)の後に処理され、R色とG色とのみからなる画素列（ライン）におけるR色を受光する画素におけるB色の感度レベルを演算する場合である。RをBに置き換えることでB色とG色とのみからなる画素列（ライン）におけるB色を受光する画素におけるR色の感度レベルを演算する場合となる。図中、大文字のアルファベットは受光感度レベルを表し、小文字のアルファベット「g」の添え字を持つ信号は(a)で既に補間生成された該当色画素におけるG信号を表している。

【0068】そして、図13(a)に示すR色を受光す

る画素またはB色を受光する画素におけるG色の感度レベル演算は実施の形態2と同様である。

【0069】G色を受光する画素におけるB色の感度レベル演算及びR色の感度レベル演算は、図13(b)の3×3画素からなるウインドウ内にそれぞれの色信号が水平もしくは垂直の何れかのみに存在しているため、相関方向の評価は行わず存在する方向成分の信号から色補間を行う。この時、参照色として使用するG色の感度レベルは図13(a)で既に生成した感度レベルを使用する。従って、二等辺三角形モデルを適用する際は、既知色(G色)の三角形の底辺の長さと生成色の三角形の底辺の長さとが等しいので、式(7)におけるCd値は1(式(10)では右シフトするビット数が0)として演算を実行する。図13(c)のR色を受光する画素におけるB色の感度レベル演算時も同様である。

【0070】以上の処理を水平及び垂直方向に順次走査しながら実行し、まず補間済みのG色成分を出力し、次にこのG色成分を必要量だけラインバッファ10に一次蓄積してR色成分およびB色成分の演算の際に参照することを繰返すことで1画面分の撮像データに対する色補間処理が完了する。

【0071】以上のように、この実施の形態3では、実施の形態1や実施の形態2とは異なり参照する周辺の画素や注目画素における生成済みのG色の感度レベルを用いるので、R色やB色の生成において既知色幾何学图形と不足色幾何学图形との線分相似比が1対1になるので、図13(b)や(c)に示すように参照画素として必ず注目画素に隣接する画素を選択することができ、より高精度の色補間を行って高画質化を図ることができる。

【0072】また、R色の感度レベルやB色の感度レベルを演算する際には必ずG色の感度レベルを参照するように参照色を一色に統一しているので、色毎の相関方向の相違に起因する補間結果のばらつきがもたらす画質劣化を最小限に抑制することができる。

【0073】同時に、生成済み色信号を複数種類用いる場合に比べてラインバッファ10の容量を最小限に抑制することができる。例えば、本実施の形態3におけるフレームメモリ4に蓄積されている処理対象画素を含む数ラインの内容を図14に示す。図において、(c)のB色を受光する画素におけるR色の感度レベルおよび(b)のG色を受光する画素におけるB色の感度レベルを生成するためには、各図の太枠内の全ての画素においてG色成分が生成されている必要がある。従って、同図(c)や(b)の処理がなされるためには、それに先立って、同図(a)に示す画素の位置におけるG色成分が生成されている必要がある。その結果、ラインバッファ10には図15に示すだけの生成済みG信号gを蓄積する必要がある。この実施の形態3の場合には、約2ライン分(生成する画素は1画素置きなので実際のサイズは

1ライン分+2画素)の画素のラインバッファを付加すればよいことになる。

【0074】そして、この発明においては既知色と生成色との組み合わせおよび参照する画素の組み合わせに関しては、注目画素を頂点として相互に相似な图形が形成されるのであれば如何なる組み合わせであってもよいが、生成済み信号を一切使用しない場合には参照する画素と注目画素との間隔(サンプリング間隔が広くなつて十分な解像度を持つ画像を再生しにくいという欠点がある。これに対して生成済み信号を用いた場合には、特に複数の色成分を参照する場合にはそれを一時的に蓄積するラインバッファの必要量が増大し装置コストが上昇してしまう。従って、本実施の形態3は、Bayer型の配列において最も高密度に割り付けられる色成分(G色)をラインバッファに蓄積し、これをその他の全ての色において参照するようにして、画質と装置コストのトレードオフを最もバランスよく実現することができる。

【0075】なお、この実施の形態3では実施の形態2の構成および動作を前提として説明したが、実施の形態1の構成および動作を前提としても同様の効果を得ることができる。

【0076】以上の実施の形態においては、撮影後の画像処理として色補間処理についてのみで構成するプロシク構成を示したが、実際にはオートホワイトバランス処理(白色補正)、γ補正処理(階調特性の補正)、フィルタ処理(輪郭強調やノイズ除去)、JPEG圧縮処理(画像データ圧縮保存)などの処理と組合せても同等の効果が得られるることは言うまでもない。同様に、LCDインターフェース(画像表示確認用液晶インターフェース)、フラッシュメモリインターフェース(撮影画像保存媒体インターフェース)等の入出力インターフェースを付加しても同等の効果が得られることも言うまでもない。

【0077】また、以上の全ての実施の形態においては、撮像装置の内部にて色補間処理を実行可能な構成について例を示したがこの限りでなく、パソコンコンピュータやカラープリンタ等、撮像装置に直接あるいは記憶媒体を間接的に経由して接続し、これらの機器上で構成してもよい。

【0078】次に、以上の全ての実施の形態においては、2次元撮像素子2としてRGBの色フィルタが図15に示すようにBayer型に配列する単板カラーセンサを使用するデジタルスチルカメラについて例を示したがこの限りでなく、撮像素子の表面上に複数色の色フィルタが規則的に配置され、色補間処理を行うことによりフルカラー画像を得るように構成される単板あるいは多板式の撮像素子を用いたデジタルビデオカメラであっても同等の効果を得ることができる。

【0079】更に、以上の全ての実施の形態においては、フレームメモリは撮影時のデータストリームに同期

して画素あるいは複数ライン毎に色補間を含む画像処理を実施するように構成しているが、2次元撮像素子2において光電変換された画像データをA/D変換器3でデジタル化した後一旦フレームメモリ4に1画面分保持し、その後これを処理するように構成しても良い。また、フレームメモリ4から各色用2次元メモリ6a～6cに必要ライン数分の画像データをコピーし、その後色補間処理を行う構成を示したが、係数算出回路7a～7cが直接フレームメモリ4内の画像データにアクセス可能となるように構成してもよい。

【0080】

【発明の効果】この発明によれば、注目画素の不足色成分の感度レベルを生成する色成分生成装置において、上記注目画素の近傍に位置する画素であって且つ上記注目画素において既知である色と同じ色成分を有する複数の画素を既知色参照画素として選択し、当該複数の画素の既知色感度レベルの平均値を既知色平均値として演算する既知色平均レベル演算手段と、上記注目画素を基準とする画素の2次元配列において上記複数の既知色参照画素の相対配置関係と相似の相対配置関係となる、上記既知色参照画素と同数の不足色参照画素を選択し、当該複数の画素の不足色感度レベルの平均値を不足色平均値として演算する不足色平均レベル演算手段と、画素の2次元配列をX-Y平面とともに感度レベルをZ軸として得られる直交座標系において、上記既知色参照画素の全ての既知色感度レベルを上記既知色平均値で置き換えた場合に当該複数の既知色参照画素の感度レベルと上記注目画素の既知色感度レベルとを結んで得られる既知色幾何学图形、および、上記不足色参照画素の全ての感度レベルを上記不足色平均値で置き換えた場合に当該不足色参照画素の全ての不足色感度レベルと上記注目画素の不足色感度レベルとを結んで得られる不足色幾何学图形を想定し、当該既知色幾何学图形と不足色幾何学图形とが相似形状となるように当該注目画素の不足色の感度レベルを決定する不足色成分決定手段とを備えるので、幾何学的な相似演算を用いて注目画素の周囲の局所的な画像エネルギーを再生するように注目画素の不足色の感度レベルを決定することができる。

【0081】従って、上記既知の色成分の感度レベルと上記不足色成分の感度レベルとの感度レベル差が小さい場合には、画像の局所的な領域では輝度信号の変化に比べて色信号の変化が少なくなるように、言い換えれば局所領域では色相関性が高いという撮影画像の一般的な特徴に則って補正を行うことができる。その結果、従来の局所的な色の相関関係を利用した場合と同様に線形補間法を用いて補間した場合に比べて、画像のエッジを構成する感度レベル変化の急峻な領域においても色間の信号変化に偏りが生じないようにすることができ、エッジを十分に再現することができ、高解像度かつ偽色の少ない高画質なものとすることができる効果がある。

【0082】これと同時に、上記既知の色成分の感度レベルと上記不足色成分の感度レベルとの感度レベル差が大きい場合には、つまりこれら色成分の値の差が大きくて高感度レベルの有彩色となる場合には、既知の色成分の感度レベルと不足色成分の感度レベルとの感度レベル差が考慮されないように補正量制御を実施することができる。その結果、参照する受光色における微妙な変化に比例的に反応する形で生成色の感度レベルが上記ローパスフィルタ値のレベルから大きく外れてしまうことはなく、当該画素において本来画像中には黒ずみや白抜けが発生してしまうことを効果的に抑制することができる効果がある。

【0083】つまり、既知色幾何学图形と不足色幾何学图形との線分相似比に基づいて不足色を補間するようにしたので、画像中の高感度レベルの領域では黒ずみ等の画質劣化を抑制しつつ高解像度に色補間を行うことが可能であるとともに、低感度レベルの領域でも高解像度で偽色の少ない色補間を行うことができる効果がある。

【0084】そして、このような効果を得るために、不足色成分決定手段は、例えば、注目画素の既知色の感度レベル値から既知色平均値を減算したものの既知色幾何学图形に対する不足色幾何学图形の線分相似比を乗算し、この乗算値と不足色平均値とを加算したものを当該注目画素の不足色の感度レベルとすればよい。

【0085】特に、不足色平均レベル演算手段が、各不足色参照画素と注目画素との距離が対応する各既知色参照画素と注目画素との距離の $1/2^n$ (n は整数)となるように、既知色参照画素と同数の不足色参照画素を選択し、不足色成分決定手段が、注目画素の既知色感度レベルの二進数値から既知色平均値の二進数値を減算し、更にこれを2ビットだけ右シフト演算することで乗算値を得るようにすれば、線分相似比を実際に乗算して乗算値を求める場合よりも格段に演算処理速度や回路規模を削減することができる効果がある。

【0086】なお、既知色幾何学图形および不足色幾何学图形は互いに相似な形状であれば如何なる構成であっても良いが、5面体あるいは3角形となるように画素を選択すれば、各画素の感度レベルの加算処理と1ビットあるいは2ビットの右シフト演算とを組み合わせるだけで、既知色平均レベル演算手段および不足色平均レベル演算手段における平均値演算を実施することができる。その結果、実際に除算処理を実施する場合よりも格段に演算処理速度や回路規模を削減することができる効果がある。

【0087】この発明によれば、既知色平均レベル演算手段が、複数の画素の中から最も相関性が高い複数の画素を既知色参照画素として選択し、不足色平均レベル演算手段が、当該選択された各画素と同方向にある画素を不足色参照画素として選択するので、画像中のエッジ位置においては相関の高い画素のみに基づいて平均値を生

成して更に偽色の発生を抑制することができる効果がある。具体的には、既知色平均レベル演算手段が、注目画素上を通る複数の直線を想定し、注目画素の両側において各直線が通過する画素を各直線毎に複数個ずつ選択し、各直線毎に当該複数の画素の間での既知色感度レベルの相関を判定し、更に、最も相関が高い組となる複数の画素を既知色参照画素として選択し、不足色平均レベル演算手段が、当該既知色参照画素として選択された画素の直線が通過する位置にある複数の画素を不足色参照画素として選択するように構成すればよい。

【0088】そして、既知色平均レベル演算手段は例えば、各直線毎に2つの画素を選択し、これらの既知色の感度レベル差が最も小さいものを最も相関が高い組として判定すればよい。このような簡易な相関判定であれば、加算処理と1ビットの右シフト処理とで各直線毎の相関値を得ることができ、高速な演算処理速度や小さな回路規模にて実現することができる効果がある。

【0089】この発明によれば、注目画素の不足色成分の感度レベルを生成する色成分生成方法において、上記注目画素の近傍に位置する画素であって且つ上記注目画素において既知である色と同じ色成分を有する複数の画素を既知色参照画素として選択し、当該複数の画素の既知色感度レベルの平均値を既知色平均値として演算する既知色平均レベル演算ステップと、上記注目画素を基準とする画素の2次元配列において上記複数の既知色参照画素の相対配置関係と相似の相対配置関係となる、上記既知色参照画素と同数の不足色参照画素を選択し、当該複数の画素の不足色感度レベルの平均値を不足色平均値として演算する不足色平均レベル演算ステップと、画素の2次元配列をX-Y平面とともに感度レベルをZ軸として得られる直交座標系において、上記既知色参照画素の全ての既知色感度レベルを上記既知色平均値で置き換えた場合に当該複数の既知色参照画素の感度レベルと上記注目画素の既知色感度レベルとを結んで得られる既知色幾何学图形、および、上記不足色参照画素の全ての感度レベルを上記不足色平均値で置き換えた場合に当該不足色参照画素の全ての不足色感度レベルと上記注目画素の不足色感度レベルとを結んで得られる不足色幾何学图形を想定し、当該既知色幾何学图形と不足色幾何学图形とが相似形状となるように当該注目画素の不足色の感度レベルを決定する不足色成分決定ステップとを備えるので、幾何学的な相似演算を用いて注目画素の周囲の局所的な画像エネルギーを再生するように注目画素の不足色の感度レベルを決定することができる。

【0090】従って、上記既知の色成分の感度レベルと上記不足色成分の感度レベルとの感度レベル差が小さい場合には、画像の局所的な領域では輝度信号の変化に比べて色信号の変化が少なくなるように、言い換えれば局所領域では色相関性が高いという撮影画像の一般的な特徴に則って補正を行うことができる。その結果、従来の

局所的な色の相関関係を利用した場合と同様に線形補間法を用いて補間した場合に比べて、画像のエッジを構成する感度レベル変化の急峻な領域においても色間の信号変化に偏りが生じないようにすることができ、エッジを十分に再現することができ、高解像度かつ偽色の少ない高画質なものとすることができます。

【0091】これと同時に、上記既知の色成分の感度レベルと上記不足色成分の感度レベルとの感度レベル差が大きい場合には、つまりこれら色成分の値の差が大きくて高感度レベルの有彩色となる場合には、既知の色成分の感度レベルと不足色成分の感度レベルとの感度レベル差が考慮されないように補正量制御を実施することができる。その結果、参照する受光色における微妙な変化に比例的に反応する形で生成色の感度レベルが上記ローパスフィルタ値のレベルから大きく外れてしまうことはなく、当該画素において本来画像中でない黒ずみや白抜けが発生してしまうことを効果的に抑制することができる効果がある。

【0092】つまり、既知色幾何学图形と不足色幾何学图形との線分相似比に基づいて不足色を補間するようにしたので、画像中の高感度レベルの領域では黒ずみ等の画質劣化を抑制しつつ高解像度に色補間を行うことが可能であると同時に、低感度レベルの領域でも高解像度で偽色の少ない色補間を行うことができる効果がある。

【0093】この発明によれば、各画素の色情報として複数の色成分の感度レベルを出力する多色画像撮像装置において、上記画素と1対1に対応づけられた受光素子毎に上記複数の色成分のうちから選択された1つの色のフィルタが設けられ、上記画素数分の受光感度レベルを出力する撮像素子と、上記各色成分毎に設けられ、上記撮像素子から出力される各画素の受光感度レベルの色を既知の色成分として、各画素の不足している色成分の感度レベルを生成する上記色成分生成装置と、上記各画素の色情報として、上記撮像素子から出力される受光感度レベルと、当該色成分生成装置から出力される残りの色成分の感度レベルとを出力する出力手段とを備えるので、幾何学的な相似演算を用いて注目画素の周囲の局所的な画像エネルギーを再生するように注目画素の不足色の感度レベルを決定することができる。従って、画像中の高感度レベルの領域では黒ずみ等の画質劣化を抑制しつつ高解像度に色補間を行うことが可能であると同時に、低感度レベルの領域では高解像度で偽色の少ない色補間を行って高解像度で偽色が発生しにくくしかも黒ずみが発生しない画像を得ることができ、画像の種類によらず安定感のある多色画像を撮像することができる効果がある。

【0094】この発明によれば、撮像素子が3つ以上の色成分の受光感度レベルを出力し、1つの色成分生成装置が当該撮像素子から出力される受光感度レベルのみを用いて各画素の不足している色成分の感度レベルを生成

し、その他の色成分生成装置が上記1つの色成分生成装置で生成した色成分を各画素の既知の色成分として選択して各画素の不足している色成分の感度レベルを生成するので、色毎の相關方向の相違に起因する補間結果のばらつきなどが生じなくなり、これらに起因する画質劣化を最小限に抑制することができるという効果がある。また、1つの色の不足色のみをバッファリングすれば他の不足色の処理が可能となるので、この処理に必要となるバッファサイズを格段に削減することができる効果もある。

【0095】この発明によれば、その他の色成分生成装置では、既知色参照画素として選択される複数の画素と不足色参照画素として選択される複数の画素とが同一であるので、これらの色の不足色処理においては既知色幾何学図形と不足色幾何学図形との線分相似比が1対1になる。その結果、より高精度（高解像度）の色補間を行うことができるので、より高画質な画像再生が可能になる。特に、注目画素の周囲の画素を利用すればその効果は最大となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の形態1によるデジタルスチルカメラなどのフルカラー画像撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図2】2次元撮像素子のBayer型配列における各色を受光する画素の配列を模式的に示す2次元配列図である。

【図3】この発明の実施の形態1のR色用の係数算出回路が実施する係数演算処理を示すフローチャートである。

【図4】2次元撮像素子のBayer型配列における各色を受光する画素の配列および受光感度分布を模式的に示す2次元配列図である。

【図5】このような条件の下で注目画素のG色成分G(R)を求めるために演算回路が実施する不足色生成処理を示すフローチャートである。

【図6】この実施の形態1において、各画素において不足している各種の色成分を生成するために参照する周辺の画素の配列を説明するための説明図である。

【図7】この発明の実施の形態1における不足色の補間原理を説明するための説明図である。

【図8】このような三角形の既知色幾何学図形と不足色幾何学図形とに基づいて不足色の感度レベルを生成する原理を説明するための説明図である。

【図9】この発明の実施の形態2によるデジタルスチルカメラなどのフルカラー画像撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図10】この発明の実施の形態2による係数算出回路が各種の係数算出演算に先立って、画像の相關性を評価するためのフローチャートである。

【図11】この発明の実施の形態2の係数算出回路が

実施するフローチャートである。

【図12】この発明の実施の形態3によるデジタルスチルカメラなどのフルカラー画像撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図13】この発明の実施の形態3における参照画素と補間画素の位置関係（一方向のみ）を示す説明図である。

【図14】この発明の実施の形態3におけるフレームメモリに蓄積されている処理対象画素を含む数ラインの内容の説明図である。

【図15】この発明の実施の形態3におけるラインバッファの記憶状態を説明するための説明図である。

【図16】単板式2次元撮像素子において一般的に用いられているBayer（ベイダー）型配列による原色フィルタの構成を示す説明図である。

【図17】Bayer（ベイダー）型配列による原色フィルタを用いた場合に得られる緑色成分の受光感度分布の説明図である。

【図18】Bayer（ベイダー）型配列による原色フィルタを用いた場合に得られる青色成分の受光感度分布の説明図である。

【図19】Bayer（ベイダー）型配列による原色フィルタを用いた場合に得られる赤色成分の受光感度分布の説明図である。

【図20】2次元撮像素子にR、G、B3原色からなる色フィルタをBayer型配列で貼付したカラービデオカメラに、当該特開平5-56446号公報に記載した技術を適用した場合の構成を示すブロック図である。

【図21】図20の2次元メモリ（赤用）内の書き込み状態（一部）を示す説明図である。

【図22】図20の2次元メモリ（緑用）内の書き込み状態（一部）を示す説明図である。

【図23】図20の2次元メモリ（青用）内の書き込み状態（一部）を示す説明図である。

【図24】図20の2次元ローパスフィルタ（赤用）の出力例を示す説明図である。

【図25】図20の2次元ローパスフィルタ（緑用）の出力例を示す説明図である。

【図26】図20の2次元ローパスフィルタ（青用）の出力例を示す説明図である。

【図27】この従来の2つの補間方法による生成感度信号の感度レベルを比較説明するための説明図である。

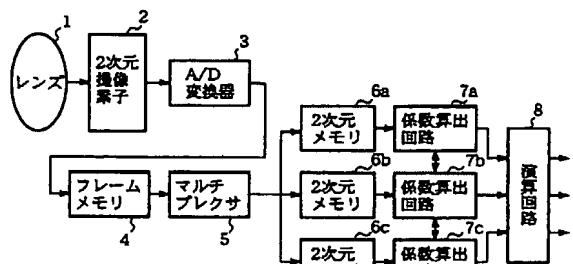
【図28】特開平5-56446号公報の補間方法における画質劣化を説明するための説明図である。

【符号の説明】

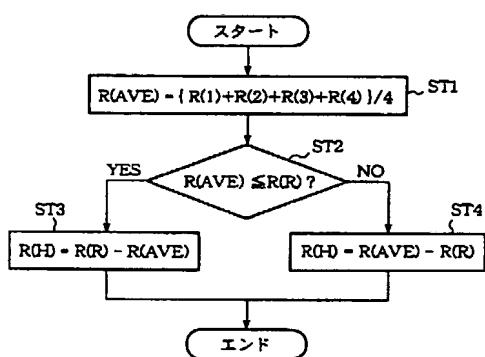
1 レンズ（撮像素子）、2 2次元撮像素子（撮像素子）、3 A/D変換器（撮像素子）、7a～7c, 9a～9c 係数算出回路（既知色平均レベル演算手段、不足色平均レベル演算手段）、8, 11 演算回路（不足色成分決定手段、出力手段）、10 ラインバッファ

(色成分生成装置)。

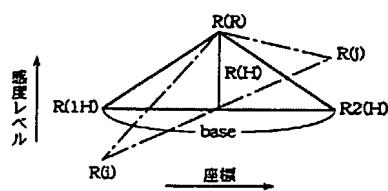
【図1】



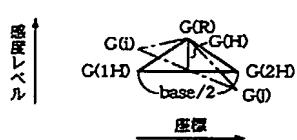
【図3】



【図8】

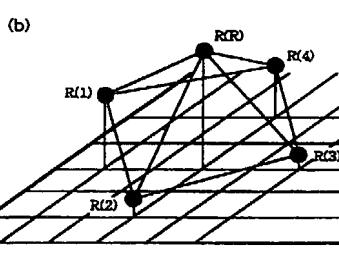
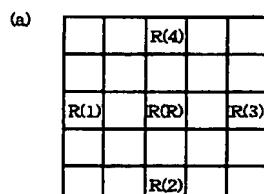


(a) R色信号による三角形

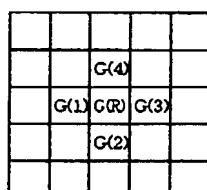


(b) G色信号による三角形

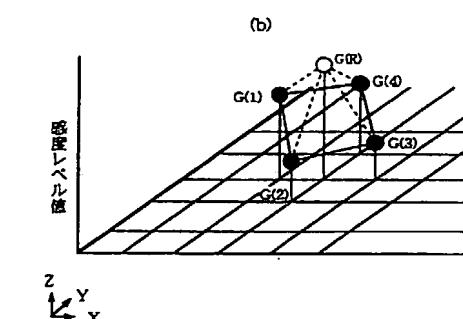
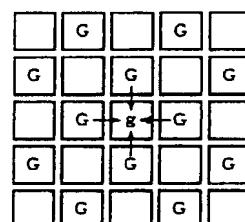
【図2】



【図4】

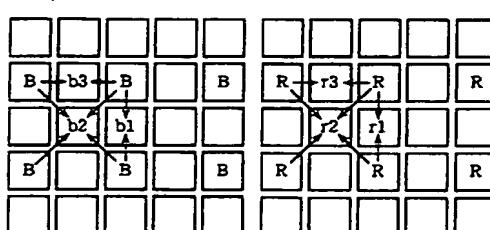


【図17】

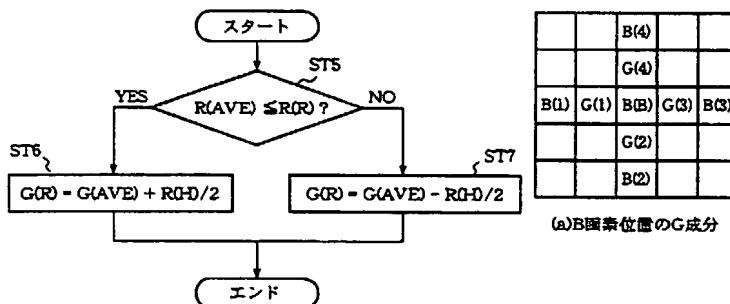


【図18】

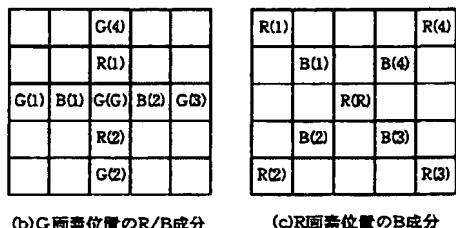
【図19】



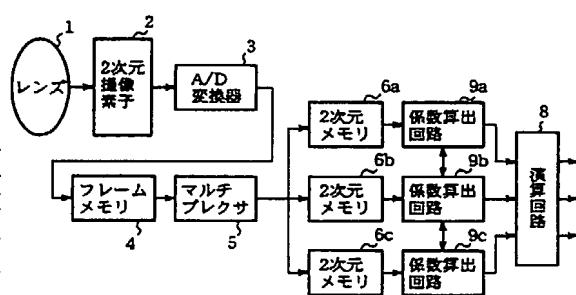
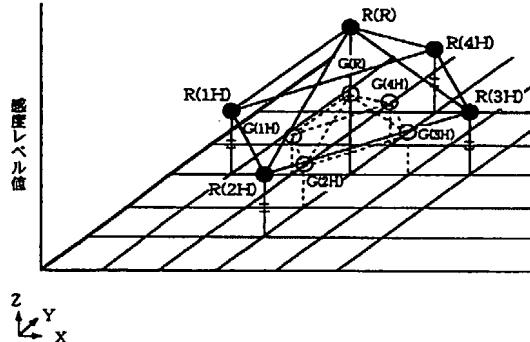
【図5】



【図6】

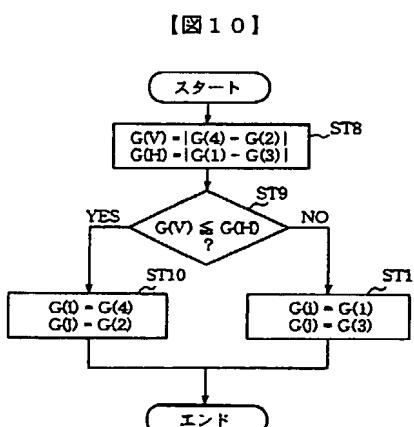


【図7】

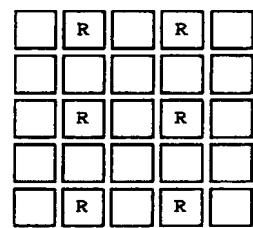
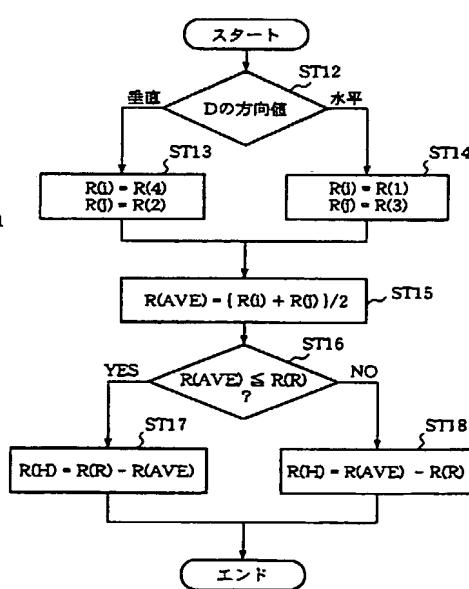


【図9】

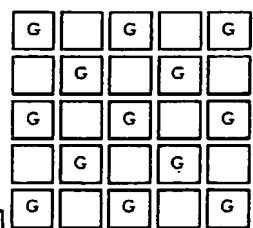
【図21】



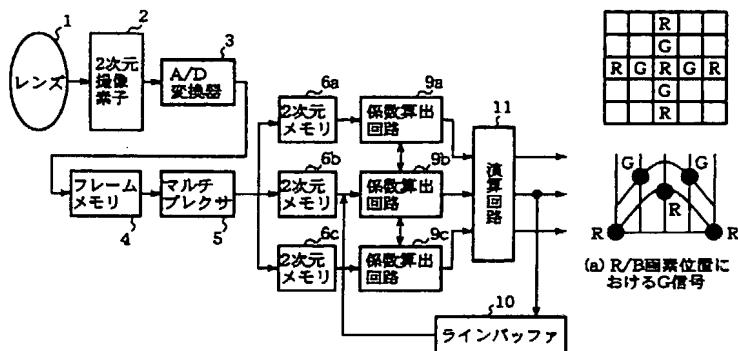
【図11】



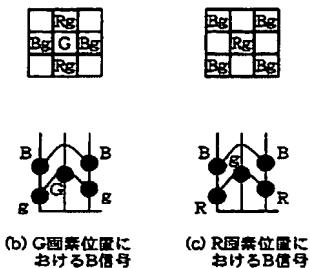
【図22】



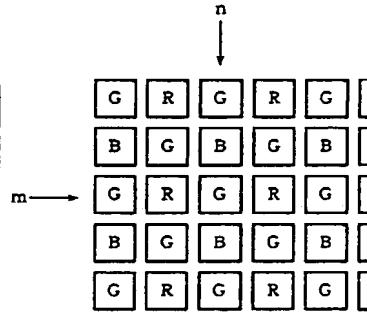
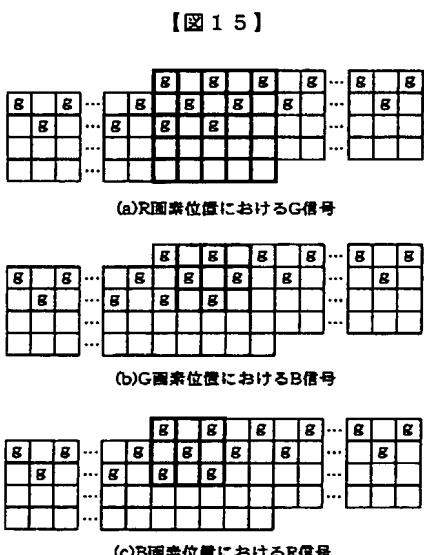
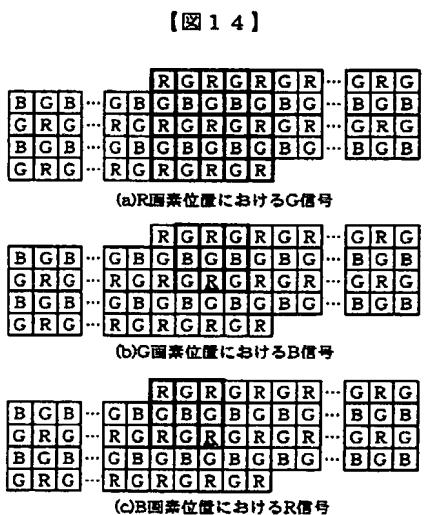
【図12】



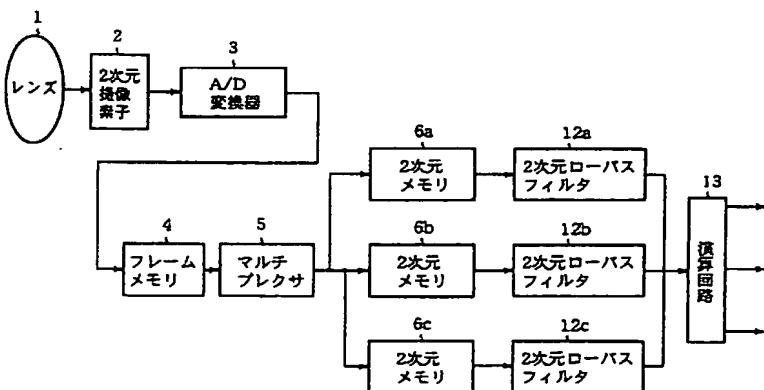
【図13】



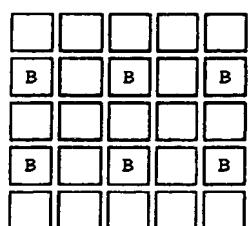
【図16】



【図20】



【図23】



【図24】

R (LPF)	R (LPF)	R (LPF)	R (LPF)	R (LPF)
R (LPF)	R (LPF)	R (LPF)	R (LPF)	R (LPF)
R (LPF)	R (LPF)	R (LPF)	R (LPF)	R (LPF)
R (LPF)	R (LPF)	R (LPF)	R (LPF)	R (LPF)
R (LPF)	R (LPF)	R (LPF)	R (LPF)	R (LPF)

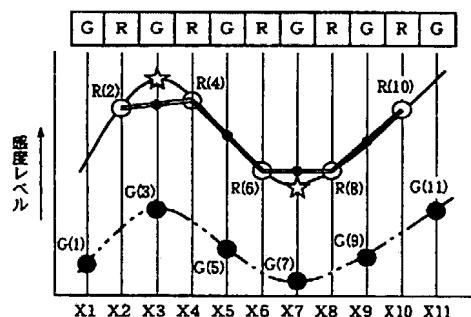
【図25】

G (LPF)	C (LPF)	G (LPF)	G (LPF)	G (LPF)
G (LPF)	G (LPF)	G (LPF)	G (LPF)	G (LPF)
G (LPF)	G (LPF)	G (LPF)	G (LPF)	G (LPF)
G (LPF)	G (LPF)	G (LPF)	G (LPF)	G (LPF)
G (LPF)	G (LPF)	G (LPF)	G (LPF)	G (LPF)

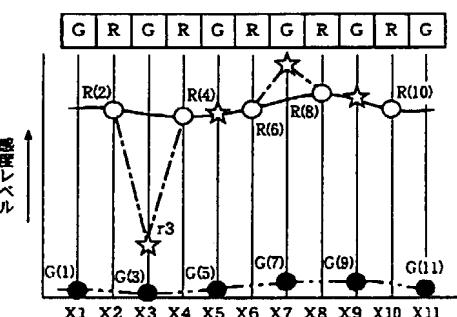
【図26】

B (LPF)	B (LPF)	B (LPF)	B (LPF)	B (LPF)
B (LPF)	B (LPF)	B (LPF)	B (LPF)	B (LPF)
B (LPF)	B (LPF)	B (LPF)	B (LPF)	B (LPF)
B (LPF)	B (LPF)	B (LPF)	B (LPF)	B (LPF)
B (LPF)	B (LPF)	B (LPF)	B (LPF)	B (LPF)

【図27】



【図28】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5C065 AA03 BB13 BB24 CC01 CC09
 DD17 EE06 EE12 GG03 GG05
 GG13 GG17 GG18 GG21 GG22
 GG23 GG30
 5C066 AA01 AA11 BA01 CA08 CA09
 EC02 EC12 EF03 EF13 GA01
 GA27 GB01 HA03 JA03 KC02
 KC07 KC11 KD02 KD06 KE02
 KE03 KE05 KE09 KE19 KM02
 LA02

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.